

EXPRESS MAIL, LABEL NO.: ER 639281042 US 01-09-04
I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as
"Express Mail Post Office to Addressee" service under 37 CFR 1.10 in an envelope addressed to:
Mail Stop Patent, Commissioner for Patents, P.O. BOX 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on _____

Date: 1/7/04

Signature: Marjorie Scariati
Marjorie Scariati

IN THE UNITED STATES PATENT & TRADEMARK OFFICE

APPLICANT(S): Izuo Horai et al.

SERIAL NO.: 10/715,767

FILING DATE: 11/18/2003

TITLE: SURFACE INSPECTION METHOD AND SURFACE INSPECTION
APPARATUS

ART UNIT: Unassigned

EXAMINER: Unassigned

DOCKET: 414023US

Mail Stop Patent
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

LETTER REGARDING SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

The above referenced application claims priority from Japanese Patent Application
P 2002-333057, filed November 18, 2002. Applicant submits herewith a certified copy of the
priority application, as well as an English translation of same.

Respectfully submitted,

Karin L. Williams
Karin L. Williams Reg. No. 36,721
Mayer Fortkort & Williams, PC
251 North Avenue West, 2nd Floor
Westfield, NJ 07090

Date: 1/7/04
Tel: (908) 518-7700
Fax: (908) 518-7795



DECLARATION

As a translator, I,

Kozo Takahashi

who resides at

7-38 Daibo-cho, Yoshida-machi, Nishikanbara-gun, Niigata-ken, Japan

hereby declare, of my own knowledge or on information and belief, that an attached document is a true and whole translation of the priority document with regard to the following application:

Application No.; P2002-333057

Country; Japan

Filing Date; November 18, 2002


(Signature)

10/22/03
(Date)

JAPAN PATENT OFFICE

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application
as filed with this Office.

Date of Application: November 18, 2002

Application Number: P2002- 333057

[ST. 10/C]: [JP2002-333057]

Applicant(s): Hitachi Electronics Engineering Co. , Ltd.

October 16, 2003

Commissioner,
Japan Patent Office Imai, Yasuo

- Document Name • Patent Application
- Reference Number 414023
- To • Commissioner of the Patent Office
- I PC • G01N 21/95
- Inventor •
 - Home Address or Business Address • c/o Hitachi Electronics Engineering Co. , Ltd., 16-3, Higashi 3-chome, Shibuya-ku, Tokyo
 - Name • Horai, Izuo
- Inventor •
 - Home Address or Business Address • c/o Hitachi Electronics Engineering Co. , Ltd., 16-3, Higashi 3-chome, Shibuya-ku, Tokyo
 - Name • Aikou, Kenji
- Inventor •
 - Home Address or Business Address • c/o Hitachi Electronics Engineering Co. , Ltd., 16-3, Higashi 3-chome, Shibuya-ku, Tokyo
 - Name • Mori, Kyoichi
- Applicant •
 - Identification Code • 000233480
 - Name • Hitachi Electronics Engineering Co. , Ltd.
- Agent •
 - Identification Code • 100114166
 - Patent Attorney •
 - Name • Takahashi, Kozo
- Indication of Fee •
 - Prepay Ledger Code • 083391
 - Fee • 21,000 Yen
- List of Attached Documents •
 - Document Name • Specification 1
 - Document Name Drawings 1
 - Document Name Abstract 1

•Necessity of Proof • Necessary

• Document Name Specification

• Title of Invention

Surface inspecting method and surface inspection apparatus

• Claims •

• Claim 1 •

A surface inspection method characterized by:

inspecting a surface of an object under inspection optically,

detecting the existence of defects on the surface of the object under inspection and features of the defects according to inspection results,

detecting positions of the detected defects on the surface of the object under inspection,

classifying the detected defects according to their features, and

performing X-ray analyses on the defects based on the positions of the defects and the features or classification results of the defects.

• Claim 2 •

The surface inspection method according to claim 1 characterized by:

selecting the defects, on which the X-ray analysis should be performed, according to predetermined conditions about the features or the classification results of the defects.

• Claim 3 •

The surface inspection method according to claim 1 characterized by:

displaying the positions and the classification results of the defects, and

picking the defects, on which the X-ray analysis should be performed, among the displayed defects.

• Claim 4 •

The surface inspection method according to claim 3 characterized by:

picking the defects, on which a shape analysis should be performed, among the displayed defects,

reexamining the picked defects optically,

performing the shape analyses on the defects according to reexamination

results, and

 picking the defects, on which the X-ray analysis should be performed, based on shape analysis results.

•Claim 5•

The surface inspection method according to claim 3 characterized by:

 picking the defects, on which an observation using an optical microscope should be performed, among the displayed defects,

 observing the picked defects using the optical microscope, and

 picking the defects, on which the X-ray analysis should be performed, based on observation results.

•Claim 6•

The surface inspection method according to claim 1, claim 2, claim 3, claim 4 or claim 5 characterized by:

 performing re-classifications of the defects according to X-ray analysis results of the defects.

•Claim 7•

A surface inspection apparatus characterized by comprising:

 an optical inspection means for inspecting a surface of an object under inspection optically,

 a processing means for detecting the existence of defects on the surface of the object under inspection and features of the defects according to inspection results from said optical inspection means, for detecting positions of the detected defects on the surface of the object under inspection, for classifying the detected defects according to their features, and for selecting or picking the defects, on which a X-ray analysis should be performed, and

 a X-ray inspection means for performing the X-ray analyses on the defects selected or picked by said processing means.

•Claim 8•

The surface inspection apparatus according to claim 7, wherein said processing means selects the defects, on which the X-ray analysis should be

performed, according to predetermined conditions about the features or the classification results of the defects.

•Claim 9•

The surface inspection apparatus according to claim 7, wherein said processing means has a display means, which displays the positions and the classification results of the defects, and the first input means for picking the defects, on which the X-ray analysis should be performed, among the defects displayed by said display means.

•Claim 10•

The surface inspection apparatus according to claim 9, wherein said processing means has the second input means for picking the defects, on which a shape analysis should be performed, among the defects displayed by said display means,

 said optical inspection means reexamines the defects, which are picked by said second input means, optically, and

 said processing means performs the shape analyses on the defects according to reexamination results from said optical inspection means and displays shape analysis results on said display means.

•Claim 11•

The surface inspection apparatus according to claim 9 further comprises an optical microscope, wherein said processing means has the third input means for picking the defects, on which an observation using said optical microscope should be performed, among the defects displayed by said display means.

•Claim 12•

The surface inspection apparatus according to claim 7, claim 8, claim 9, claim 10 or claim 11, wherein said processing means performs re-classifications of the defects according to X-ray analysis results of the defects from said X-ray inspection means.

•Detailed Description of Invention•

•0001

Technical Field of Invention•

The present invention relates to a surface inspection method and a surface inspection apparatus for inspecting whether an object under inspection, such as a magnetic disk, a semiconductor wafer and a liquid crystal substrate, for example, has defects on its surface. It especially relates to the surface inspection method and the surface inspection apparatus, which inspect the surface of the object under inspection optically.

•0002•

•Prior Technology•

As the surface inspection apparatus, which inspects the surface of the object under inspection optically, a scattered light detection type or a reflected light detection type, in which the surface of the object under inspection is illuminated by a inspection light and a scattered light or a reflected light from the surface of the object under inspection is detected, is generally known (Patent document 1). The scattered light detection type and the reflected light detection type are suitable for measuring shapes, sizes, etc. of the defects on the surface of the object under inspection.

•0003•

There is also an interference phase detection type, in which a reference surface and the surface of the object under inspection are illuminated by divided inspection lights, and the interference between a reflected light from the reference surface and a reflected light from the surface of the object under inspection is detected (Patent document 2). The interference phase detection type is suitable for measuring heights, depths, etc. of the defects on the surface of the object under inspection. It is also utilized for measuring thicknesses of semiconductor wafers, etc. (Patent document 3).

•0004•

In consideration of differences in the shapes, sizes, optical characters, etc. of the defects, some surface inspection apparatus adopt two or more of the above-mentioned detection methods.

• Patent document 1 •

Japanese Patent Laid-Open 2001-66263

• Patent document 2 •

Japanese Patent Laid-Open 2000-121317

• Patent document 3 •

Japanese Patent Laid-Open 2000-234912

•0005•

• Problem to be solved by Invention •

In a surface inspection of a magnetic disk or its substrate, for example, there are various kinds of defects to be detected, such as particles, stains, pits, bumps, dimples, scratches, handling damages, grinds, etc. Although these various defects should be detected and discriminated during the surface inspection, the discrimination accuracy of the defects naturally has some limits when using the above-mentioned optical detection methods only.

•0006•

Moreover, when foreign matters, such as the particles, stains, etc., are adhering to the surface of the object under inspection, such as the magnetic disk, a semiconductor wafer, a liquid crystal substrate, etc., it is necessary to prove substances of the foreign matters in order to manage production processes. However, it was sometimes difficult to know the substances of the foreign matters from the shapes, sizes, heights, etc., which are measured by the above-mentioned optical detection methods, and detailed analyses are separately needed.

•0007•

The purpose of the present invention is to improve the discrimination accuracy of the defects during the surface inspection.

•0008•

Another purpose of the present invention is to prove the substances of the foreign matters, which are adhering to the surface of the object under inspection, during the surface inspection.

•0009

•Means for solving Problem•

A surface inspection method of the present invention inspects a surface of an object under inspection optically, detects the existence of defects on the surface of the object under inspection and features of the defects according to inspection results, detects positions of the detected defects on the surface of the object under inspection, classifies the detected defects according to their features, and performs X-ray analyses on the defects based on the positions of the defects and the features or classification results of the defects.

•0010•

A surface inspection apparatus of the present invention comprises an optical inspection means for inspecting a surface of an object under inspection optically, a processing means for detecting the existence of defects on the surface of the object under inspection and features of the defects according to inspection results from the optical inspection means, for detecting positions of the detected defects on the surface of the object under inspection, for classifying the detected defects according to their features, and for selecting or picking the defects, on which a X-ray analysis should be performed, and a X-ray inspection means for performing the X-ray analyses on the defects selected or picked by the processing means.

•0011•

After inspecting the surface of the object under inspection optically, the X-ray analyses are performed on the defects with a program automatically or by directions from an operator. Since the X-ray analyses on the defects are performed based on the positions of the defects and the features or the classification results of the defects, which are detected by an optical inspection, it becomes possible to perform analysis works efficiently. And it becomes possible to prove the substances of the foreign matters, such as the particles, stains, etc., which are adhering to the surface of the object under inspection, from X-ray analysis results of the defects.

•0012

Moreover, the surface inspection method of the present invention performs re-classifications of the defects according to the X-ray analysis results of the defects. And in the surface inspection apparatus of the present invention, the processing means performs re-classifications of the defects according to the X-ray analysis results of the defects from the X-ray inspection means. It becomes possible to improve the discrimination accuracy of the defects by using the X-ray analysis results of the defects in addition to the features, such as the shapes, sizes, heights, etc., which are detected by the optical inspection. For example, when the X-ray analysis results differ, it becomes possible to discriminate the particles from the bumps even if the features, such as the shapes, sizes, heights, etc., which are detected by the optical inspection, are the same. Therefore, it becomes possible to classify the defects accurately by performing the re-classifications of the defects according to the X-ray analysis results of the defects.

•0013•

Moreover, the surface inspection method of the present invention selects the defects, on which the X-ray analysis should be performed, according to predetermined conditions about the features or the classification results of the defects. And in the surface inspection apparatus of the present invention, the processing means selects the defects, on which the X-ray analysis should be performed, according to predetermined conditions about the features or the classification results of the defects. By programming sampling conditions of the defects and the priority for performing the X-ray analyses beforehand, the surface inspection apparatus can select the defects, on which the X-ray analysis should be performed, automatically.

•0014•

Or the surface inspection method of the present invention displays the positions and the classification results of the defects, and picks the defects, on which the X-ray analysis should be performed, among the displayed defects.

And in the surface inspection apparatus of the present invention, the processing means has a display means, which displays the positions and the classification results of the defects, and the first input means for picking the defects, on which the X-ray analysis should be performed, among the defects displayed by the display means. The operator can pick the defects, on which the X-ray analysis should be performed, suitably based on the positions and the classification results of the displayed defects.

•0015•

Moreover, the surface inspection method of the present invention picks the defects, on which a shape analysis should be performed, among the displayed defects, reexamines the picked defects optically, performs the shape analyses on the defects according to reexamination results, and picks the defects, on which the X-ray analysis should be performed, based on shape analysis results. And in the surface inspection apparatus of the present invention, the processing means has the second input means for picking the defects, on which a shape analysis should be performed, among the defects displayed by the display means, the optical inspection means reexamines the defects, which are picked by the second input means, optically, and the processing means performs the shape analyses on the defects according to reexamination results from the optical inspection means and displays shape analysis results on the display means. The operator can judge the necessity of the X-ray analyses of the defects based on the shape analysis results of the displayed defects.

•0016•

Moreover, the surface inspection method of the present invention picks the defects, on which an observation using an optical microscope should be performed, among the displayed defects, observes the picked defects using the optical microscope, and picks the defects, on which the X-ray analysis should be performed, based on observation results. And the surface inspection apparatus of the present invention further comprises an optical microscope, wherein the processing means has the third input means for picking the defects, on which an

observation using the optical microscope should be performed, among the defects displayed by the display means. The operator can judge the necessity of the X-ray analyses of the defects based on the observation results using the optical microscope.

•0017•

•Embodiments of Invention•

Embodiments of the present invention are explained below with the help of the attached drawings. Figure 1 is a figure showing an outline of the surface inspection apparatus according to an embodiment of the present invention. This example shows the surface inspection apparatus, which inspects defects on a surface of a magnetic disk. The surface inspection apparatus comprises an inspection stage 10, a processing unit 20, an optical inspection unit 30, an optical microscope 40, a X-ray inspection unit 50 and a marking unit 60.

•0018•

The inspection stage 10 comprises a spindle 11, a motor 12, a traveling mechanism 13 and a position detector 14. In a loader portion that is not illustrated, a magnetic disk 1, which is an object under inspection, is mounted on the top of the spindle 11 using a handling mechanism that is not illustrated so that the surface under inspection turns upwards. And as shown in Figure 1, the magnetic disk 1 is placed under the optical inspection unit 30 by the traveling mechanism 13. Under the optical inspection unit 30, the spindle 11, which is driven by the motor 12, rotates the magnetic disk 1, and the traveling mechanism 13 moves the magnetic disk 1 in its radius direction. Because of these rotations and movements, an inspection spotlight from the optical inspection unit 30 scans the surface of the magnetic disk 1 spirally. Instead of the traveling mechanism 13, a scan on the surface of the magnetic disk 1 may be carried out by moving the inspection spotlight from the optical inspection unit 30 in a radius direction of the magnetic disk 1.

0019•

The optical inspection unit 30 is the same as that of conventional surface

inspection apparatuses. It comprises optical systems of the scattered light detection type and the reflected light detection type, which are described in the Japanese Patent Laid-Open 2001-66263, for example, or an optical system of the interference phase detection type, which is described in the Japanese Patent Laid-Open 2000-121317, for example, or both.

•0020•

The processing unit 20 comprises a MPU 21, a memory 22, interfaces 23a, 23e, 23f, 23h, an input device 24, a display device 25, an output device 26, a position control circuit 27, a position detection circuit 28 and a bus 29. The MPU 21 controls the memory 22, the interfaces 23a, 23e, 23f, 23h, the input device 24, the display device 25, the output device 26, the position control circuit 27 and the position detection circuit 28 through the bus 29.

•0021•

Figure 2 is a flowchart showing an outline of the surface inspection method according to an embodiment of the present invention. This example shows a case where an operator of the surface inspection apparatus picks the defects, on which a X-ray analysis should be performed, using the input device 24.

•0022•

First, the MPU 21 runs a defect detection program 22a, which is stored in the memory 22. Under the control of the MPU 21, the position control circuit 27 drives the motor 12 and the traveling mechanism 13 so that the inspection spotlight from the optical inspection unit 30 scans the surface of the magnetic disk 1. The optical inspection unit 30 inspects the surface of the magnetic disk 1 optically (Step 101), and outputs inspection results to the interface 23a. The position detector 14 consists of a rotary encoder, for example. It detects a reference position and rotations of the magnetic disk 1 from rotations of the spindle 11, and outputs detection signals to the position detection circuit 28.

•0023

The MPU 21 detects the existence of defects on the surface of the

magnetic disk 1 and features of the defects according to the inspection results, which are detected by the optical inspection unit 30 and input through the interface 23a (Step 102). The detected features of the defects may be the unevenness (up or down) of the defects, their sizes, and their heights or depths, for example. Under the control of the MPU 21, the position detection circuit 28 detects positions of the detected defects on the surface of the magnetic disk 1 from the detection signals of the position detector 14 (Step 103). The detected positions of the defects may be X coordinates and Y coordinates from the reference position on the surface of the magnetic disk 1, for example. Under the control of the MPU 21, the memory 22 relates the feature data of the detected defects to the coordinate position data of the defects, and memorizes them.

•0024•

Next, the MPU 21 classifies the detected defects according to their features by comparing the feature data of the detected defects with the data of a defect feature parameter table 22b, which is stored in the memory 22 (Step 104). Classifications of the defects may be kinds of the defects, such as a bump, particle, pit, scratch, etc., and differences of their sizes, for example. Under the control of the MPU 21, the memory 22 relates the classification result data of the defects to the coordinate position data of the defects, and memorizes them.

•0025•

After inspections by the optical inspection unit 30 and above-mentioned processes by the processing unit 20 are completed about the whole surface of the magnetic disk 1, the MPU 21 runs a defect map display program 22c, which is stored in the memory 22. The MPU 21 makes a defect map from the coordinate position data of the defects and the classification result data of the defects, which are memorized in the memory 22, and displays it on a display device 25 (Step 105).

•0026•

Figure 3 is a figure showing an example of the defect map. The defect map symbolizes the detected defects with marks according to the classification

results, and indicates the positions of the defects on the surface of the magnetic disk by positions of the marks on the map. Although the detected defects are classified and displayed using nine marks according to differences in the kinds and the sizes in the example shown in Figure 3, the kinds of the defects and the differences in the sizes are not restricted to these. Also the marks, which are used for the defect map, are not restricted to those of the example shown in Figure 3, and various marks may be used including color differences.

•0027•

Then the operator looks at the defect map displayed on the display device 25, and judges whether a shape analysis is necessary on the individual defect (Step 106). When the operator decides that the shape analysis is necessary, he/she picks the defects, on which the shape analysis should be performed, using the input device 24 (Step 107).

•0028•

When the defects, on which the shape analysis should be performed, are picked, the MPU 21 runs a defect shape analysis program 22d, which is stored in the memory 22. Under the control of the MPU 21, the position control circuit 27 drives the motor 12 and the traveling mechanism 13 for rotating and moving the magnetic disk 1 based on the coordinate position data of the picked defects, which are memorized in the memory 22, so that the picked defects are illuminated by the inspection spotlight from the optical inspection unit 30. By this, the optical inspection unit 30 reexamines the picked defects on the surface of the magnetic disk 1 in detail (Step 108), and outputs reexamination results to the interface 23a.

•0029•

The MPU 21 performs the shape analyses on the picked defects according to the reexamination results, which are detected by the optical inspection unit 30 and input through the interface 23a, and displays shape analysis results on the display device 25 (Step 109). The displayed shape analysis results may be anything, from which the operator can judge the shapes of the defects visually,

such as 3-dimensional images, contour maps, sectional shapes, for example.

•0030•

Then the operator looks at the defect map or the shape analysis results of the defects displayed on the display device 25, and judges whether an observation using the optical microscope is necessary on the individual defect (Step 110). When the operator decides that the observation using the optical microscope is necessary, he/she picks the defects, on which the observation using the optical microscope should be performed, using the input device 24 (Step 111).

•0031•

When the defects, on which the observation using the optical microscope should be performed, are picked, the MPU 21 runs a defect observation program 22e, which is stored in the memory 22. Under the control of the MPU 21, the position control circuit 27 drives the traveling mechanism 13 so that the magnetic disk 1 is placed under the optical microscope 40. Instead of the traveling mechanism 13, the magnetic disk 1 may be placed under the optical microscope 40 by mounting it on another inspection stage, which is located under the optical microscope 40, using a handling mechanism that is not illustrated.

•0032•

Next, under the control of the MPU 21, the position control circuit 27 drives the motor 12 and the traveling mechanism 13 for rotating and moving the magnetic disk 1 based on the coordinate position data of the picked defects, which are memorized in the memory 22, so that the optical microscope 40 detects picture images of the picked defects. Then under the control of the MPU 21, the position control circuit 27 drives the traveling mechanism 13 upward/downward and carries out an auto-focus based on the height/depth data of the picked defects, which are memorized in the memory 22, so that the optical microscope 40 focuses on surfaces of the picked defects. By this, the optical microscope 40 detects the picture images of the picked defects on the surface of

the magnetic disk 1, and outputs them to the interface 23e.

•0033

The MPU 21 displays the picture images, which are detected by the optical microscope 40 and input through the interface 23e, on the display device 25. The operator observes the picture images of the picked defects displays on the display device 25 (Step 112).

•0034•

After looking at the defect map or the shape analysis results of the defects displayed on the display device 25, or based on observation results of the defects using the optical microscope, the operator judges whether a X-ray analysis is necessary on the individual defect (Step 113). When the operator decides that the X-ray analysis is necessary, he/she picks the defects, on which the X-ray analysis should be performed, using the input device 24 (Step 114). On the defect map shown in Figure 3, here assume that a particle with a numeral “2” is picked.

•0035•

When the defects, on which the X-ray analysis should be performed, are picked, the MPU 21 runs a X-ray analysis program 22f, which is stored in the memory 22. Under the control of the MPU 21, the position control circuit 27 drives the traveling mechanism 13 so that the magnetic disk 1 is placed under the X-ray inspection unit 50. Instead of the traveling mechanism 13, the magnetic disk 1 may be placed under the X-ray inspection unit 50 by mounting it on another inspection stage, which is located under the X-ray inspection unit 50, using a handling mechanism that is not illustrated.

•0036•

Figure 4 is a figure showing an outline of the X-ray inspection unit according to an embodiment of the present invention. The X-ray inspection unit 50 comprises a X-ray tube 51, a spectroscopic device 52 and a X-ray detector 53. The X-ray tube 51 generates primary X-rays, which are radiated to the surface of the magnetic disk 1. The spectroscopic device 52 has a barrel-type cylindrical shape, whose center portion swells as the section is shown in Figure 4. It carries

out the Bragg reflection only on the primary X-rays, which come into its inner surface with a predetermined incidence angle, and directs them to the surface of the magnetic disk 1. When the primary X-rays are radiated, atoms on the surface of the magnetic disk 1 are excited, and fluorescent X-rays 3 are generated. The X-ray detector 53 detects the fluorescent X-rays 3, which are generated from the surface of the magnetic disk 1. About a spectroscopic apparatus and a X-ray analysis apparatus, the Japanese Patent Laid-Open 2001-133421 is known.

•0037•

Under the control of the MPU 21, the position control circuit 27 drives the motor 12 and the traveling mechanism 13 for rotating and moving the magnetic disk 1 based on the coordinate position data of the picked defects, which are memorized in the memory 22, so that the primary X-rays from the X-ray inspection unit 50 are radiated to the picked defects. By this, the X-ray inspection unit 50 performs the X-ray analyses on the picked defects on the surface of the magnetic disk 1 (Step 115), and outputs X-ray analysis results to the interface 23f.

•0038•

Figure 5 is a figure showing an example of X-ray analysis results. This shows the example, in which particles containing carbon (C) and oxygen (O) exist on the surface of the magnetic disk 1, whose base material comprises nickel-phosphorus (Ni-P). In Figure 5, a horizontal axis shows the energy of elements, and a vertical axis shows detected amounts. Portions indicated by "C" and "O" in Figure 5 show the detected amounts of carbon (C) and oxygen (O) respectively.

•0039•

The MPU 21 judges substances of the picked defects by comparing the X-ray analysis result data, which are detected by the X-ray inspection unit 50 and input through the interface 23f, with the spectrum data of substances registered in a defect substance registration library 22g, which is stored in the memory 22 (Step 116). In consideration of materials constituting the object

under inspection and foreign matters, which could be mixed during manufacturing processes, etc., the defect substance registration library 22g registers the spectrum data of substances, which have a possibility of detections by the X-ray analysis, beforehand. Substance judgment results of the defects may be kinds of organic or inorganic matters, kinds of metals, kinds of magnetic materials, kinds of semiconductors, kinds of amorphous carbons and water stains, for example. Under the control of the MPU 21, the memory 22 relates the X-ray analysis result data of the defects and the substance judgment result data of the defects to the coordinate position data of the defects, and memorizes them.

•0040•

Next, the MPU 21 performs re-classifications of the defects based on the substance judgment result data of the defects (Step 117). About the particle with the numeral “2” on the defect map shown in Figure 3, for example, it will be re-classified not as a particle but as a bump if the substance judgment result is the same as that of the base material of the magnetic disk 1. On the other hand, it will be re-classified as a particle again if the substance judgment result is different from that of the base material of the magnetic disk 1. Furthermore, the particle may be finely re-classified according to the kind of the substance. Under the control of the MPU 21, the memory 22 relates the re-classification result data of the defects to the coordinate position data of the defects, and memorizes them.

•0041•

Finally, based on the coordinate position data of the defects, the feature data of the defects, the X-ray analysis result data of the defects and the substance judgment result data of the defects, which are all memorized in the memory 22, the MPU 21 displays inspection results on the display 25 device, or outputs them to the output device 26 (Step 118).

•0042•

Figure 6 is a figure showing an example of inspection results output from the surface inspection apparatus. Numbers in a “No” column are serial numbers for distinguishing each defect. The X coordinates and the Y coordinates of the

defect positions on the magnetic disk 1 are displayed in a "X" column and a "Y" column of an "Address". The unevenness (up or down) of the defects is displayed in an "Up/Down judgment" column. The sizes of the defects are displayed in a "Size" column, and the heights or the depths of the defects are displayed in a "Height/Depth" column. The detected amounts of elements A, B and C (A, B and C indicate an arbitrary elements respectively) by the X-ray analysis are displayed in an "A" column, "B" column and "C" column of "Detected amounts of elements by X-ray analysis". The substance judgment results of the defects are displayed in a "Substance judgment" column. The inspection results displayed or output are not restricted to this example. They may show the features of the defects, the classification or re-classification results of the defects, the X-ray analysis results of the defect, etc. more simply or in detail.

•0043•

According to the embodiment shown in Figure 2, the operator can pick the defects, on which the X-ray analysis should be performed, suitably from the defect map displayed on the display device. Furthermore, the operator can judge the necessity of the X-ray analyses of the defects based on the shape analysis results of the defects displayed on the display device, or based on the observation results of the defects using the optical microscope. However, the shape analyses of the defects and the observations of the defects using the optical microscope are not mandatory, either of them may be performed, or both may be neglected. Moreover, the shape analyses of the defects may be performed after the observations of the defects using the optical microscope.

•0044•

Although the embodiment shown in Figure 2 is the case where the operator of the surface inspection apparatus picks the defects, on which the X-ray analysis should be performed, the surface inspection apparatus can select the defects, on which the X-ray analysis should be performed, automatically. In this case, a program for selecting the defects, on which the X-ray analysis should

be performed, is added to the memory 22. The MPU 21 runs the added program and selects the defects, on which the X-ray analysis should be performed. And the X-ray analyses are performed on the selected defects just like the case where the operator picks the defects.

•0045•

The program for selecting the defects, on which the X-ray analysis should be performed, includes sampling conditions of the defects, the priority for performing the X-ray analyses, etc. For example, the surface of the magnetic disk 1 is divided into some blocks of a predetermined area. The blocks, in which the defect density (the number of the defects detected in each block) is a predetermined amount or more, are selected in order of the defect density. And a defect having the maximum size in the selected block or defects having a predetermined size or more are sampled from the selected block. The sampling conditions of the defects and the priority for performing the X-ray analyses are not restricted to these. They may be determined suitably, such as in order of the size among defects having a predetermined size or more, or in a predetermined classification order among defects classified in specific kinds.

•0046•

The inspection by the surface inspection apparatus according to the embodiment shown Figure 1 is over. Then after looking at the defect map or the shape analysis results of the defects displayed on the display device 25, or based on the observation results of the defects using the optical microscope, or after looking at the inspection results displayed on the display device 25 or output from the output device 26, the operator can judge whether the marking of the defect position on the surface of the magnetic disk 1 is necessary on the individual defect. When the operator decides that the marking is necessary, he/she picks the defects, about which the marking should be performed, using the input device 24.

•0047•

When the defects, about which the marking should be performed, are

picked, the MPU 21 runs a defect position marking program 22h, which is stored in the memory 22. Under the control of the MPU 21, the position control circuit 27 drives the traveling mechanism 13 so that the magnetic disk 1 is placed under the marking unit 60. Instead of the traveling mechanism 13, the magnetic disk 1 may be placed under the marking unit 60 by mounting it on another inspection stage, which is located under the marking unit 50, using a handling mechanism that is not illustrated.

•0048•

Next, among the coordinate position data and the classification or re-classification results data of the defects, which are memorized in the memory 22, the MPU 21 outputs the coordinate position data and the classification or re-classification results data of the picked defects to the marking unit 60 through the interface 23h. The marking unit 60 puts marks, which indicate the positions and the classification or re-classification results of the picked defects, on the surface of the magnetic disk 1 based on the input coordinate position data and the input classification or re-classification results data of the defects. The marks put on the surface of the magnetic disk 1 are utilized when performing further analyses in detail using a scanning electron microscope (SEM) or a atomic force microscope (AFM), for example.

•0049•

Moreover, the surface inspection apparatus can select the defects, about which the marking should be performed, automatically. In this case, a program for selecting the defects, about which the marking should be performed, is added to the memory 22. The MPU 21 runs the added program and selects the defects, about which the marking should be performed. And the marking is performed about the selected defects just like the case where the operator picks the defects.

•0050•

Although the above-mentioned embodiment explains a case of performing the X-ray analysis on the particle, which is adhering to the surface of the magnetic disk 1, substances of other foreign matters, such as stains, etc., can be

also proved by performing the X-ray analysis. Moreover, when layers formed on the surface of the magnetic disk, such as a magnetic film, a protective film, etc., have a damage, such as scratches etc., it is possible to judge which layer is exposed by performing the X-ray analysis.

•0051•

The present invention is not restricted to the magnetic disk but applicable in inspecting defects on surfaces of various things, such as a semiconductor wafer, a liquid crystal substrate, etc.

•0052•

•Effect of Invention•

According to the present invention, it becomes possible to improve the discrimination accuracy of the defects using the X-ray analysis results of the defects. Therefore, it becomes possible to classify the defects accurately by performing the re-classifications of the defects according to the X-ray analysis results of the defects.

•0053•

Since the X-ray analyses on the defects are performed based on the positions of the defects and the features or the classification results of the defects, which are detected by the optical inspection, it becomes possible to perform analysis works efficiently.

•0054•

Moreover, it becomes possible to prove the substances of the foreign matters, such as the particles, stains, etc., which are adhering to the surface of the object under inspection, from the X-ray analysis results of the defects. By this, it becomes possible to find out sources of the foreign matters, which have adhered to the surface of the magnetic disk, the semiconductor wafer, the liquid crystal substrate, etc. during production processes, and quick pollution preventive measures become possible.

•Brief Description of Drawings•

•Figure 1• A figure showing an outline of the surface inspection

apparatus according to an embodiment of the present invention.

Figure 2•A flowchart showing an outline of the surface inspection method according to an embodiment of the present invention.

- Figure 3• A figure showing an example of the defect map.
- Figure 4• A figure showing an outline of the X-ray inspection unit according to an embodiment of the present invention.
- Figure 5• A figure showing an example of X-ray analysis results.
- Figure 6• A figure showing an example of inspection results output from the surface inspection apparatus.

•Description of Marks•

1: magnetic disk, 10: inspection stage, 11: spindle, 12: motor,
13: traveling mechanism, 14: position detector, 20: processing unit,
21: MPU, 22: memory, 23a, 23e, 23f, 23h: interface,
24: input device, 25: display device, 26: output device,
27: position control circuit, 28: position detection circuit, 29: bus,
30: optical inspection unit, 40: optical microscope,
50: X-ray inspection unit, 51: X-ray tube, 52: spectroscopic device,
53: X-ray detector, 60: marking unit

Document Name Abstract

•Abstract

•Purpose•To improve the discrimination accuracy of defects during the surface inspection.

•Solution• An optical inspection unit 30 inspects a surface of a magnetic disk 1 optically. A MPU 21 in a processing unit 20 detects the existence of defects on the surface of the magnetic disk 1 and features of the defects according to inspection results from the optical inspection unit 30. A position detector 28 detects positions of the detected defects on the surface of the magnetic disk 1 from detection signals of a position detector 14. The MPU 21 classifies the detected defects according to their features, and displays a defect map on a display device 25. An operator picks the defects, on which a X-ray analysis should be performed, using an input device 24. Or the MPU 21 selects the defects, on which the X-ray analysis should be performed, according to predetermined conditions about the features or classification results of the defects. A X-ray inspection unit 50 performs the X-ray analyses on the selected or picked defects based on the coordinate position data of the defects.

•Representative Drawing•Fig. 1

INFORMATION OF RECOGNITION/ADDITIONAL INFORMATION

Number of Patent Application: P2002-333057

Acceptance Number: 50201734588

Document Name: Patent Application

Person in Charge: Head of the First Official 0090

Date of Issue: November 19, 2002

<Information of Recognition/Additional Information>

•Date of Submission• November 18, 2002



INFORMATION OF APPLICANT HISTORY

Identification Code: [000233480]

1. Date of Change: August 8, 1990

[Reason of Change] : New Registration

Address: 6-2, Ote-machi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo

Name: Hitachi Electronics Engineering Co. , Ltd.

2. Date of Change: September 20, 1994

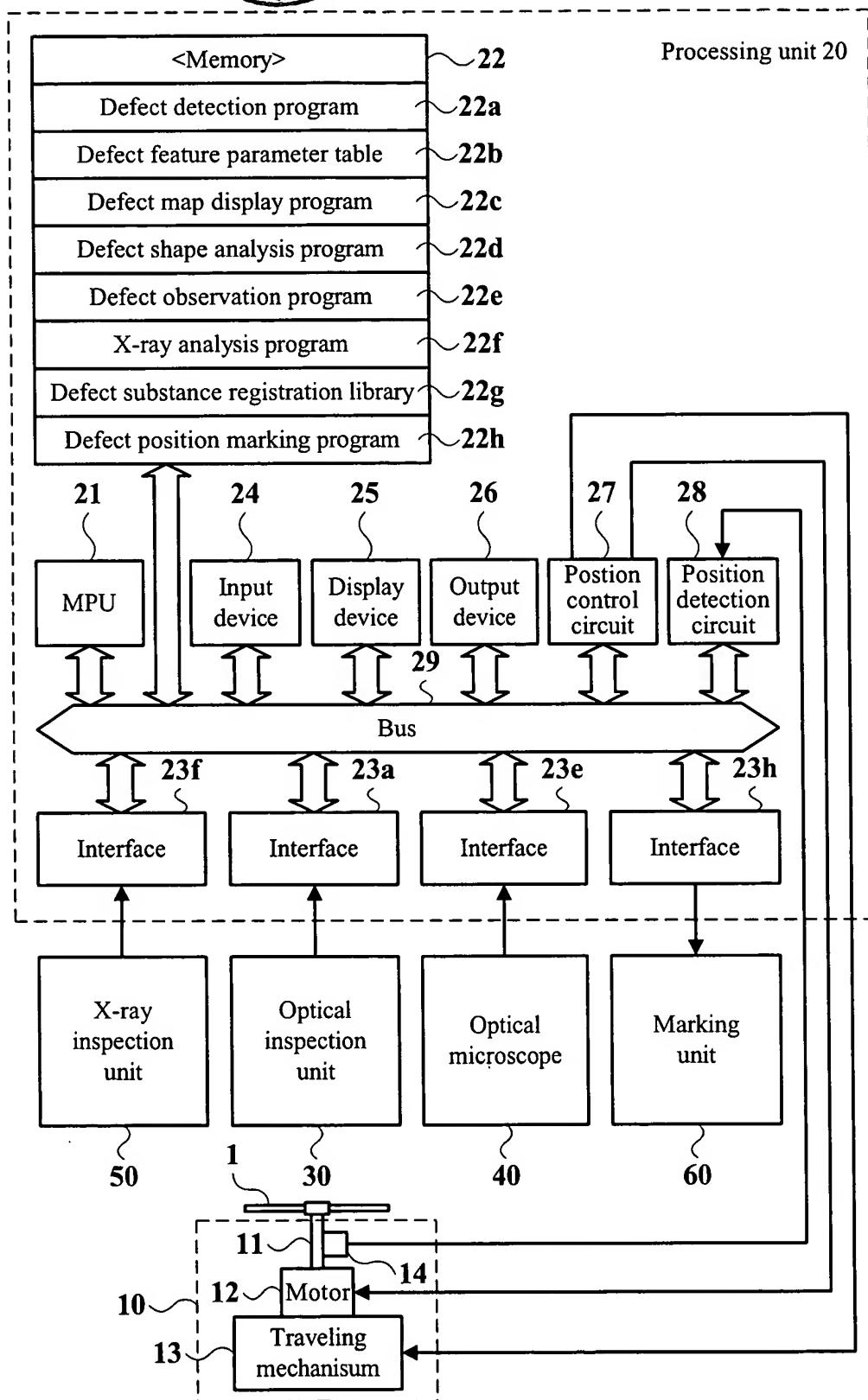
[Reason of Change] : Change of Address

Address: 16-3, Higashi 3-chome, Shibuya-ku, Tokyo

Name: Hitachi Electronics Engineering Co. , Ltd.



FIG. 1】



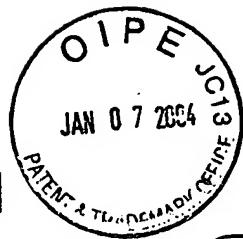


FIG. 2】

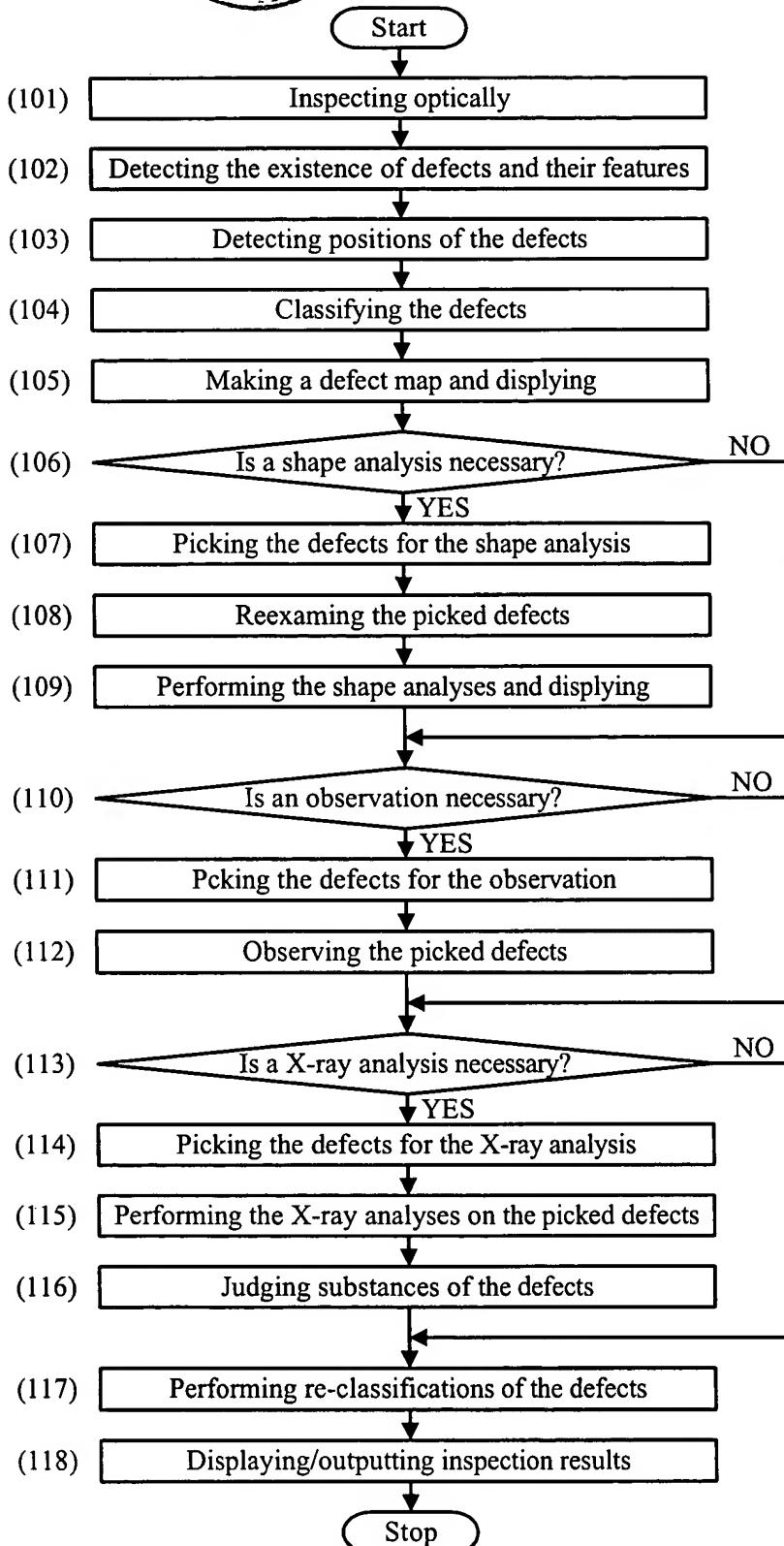




FIG. 3】

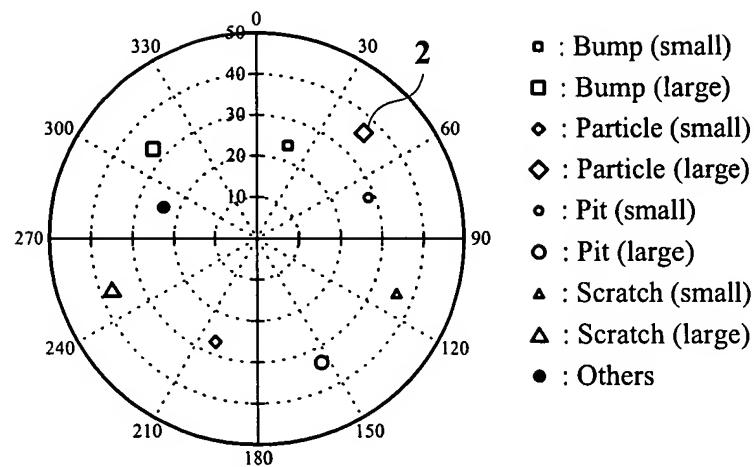


FIG. 4】

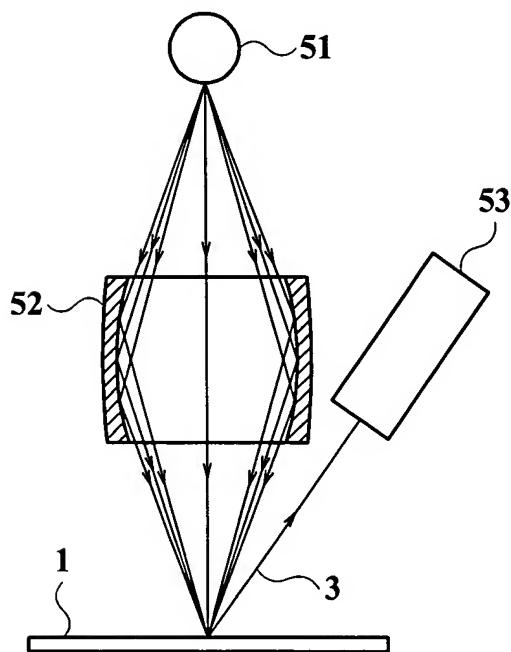




FIG. 5]

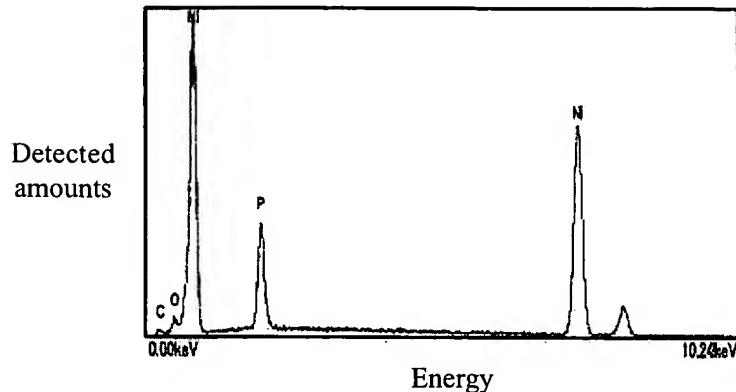


FIG. 6)

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2002年11月18日

出願番号
Application Number: 特願2002-333057

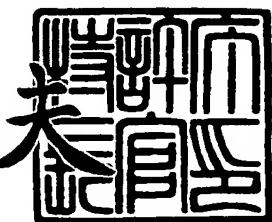
[ST. 10/C]: [JP2002-333057]

出願人
Applicant(s): 日立電子エンジニアリング株式会社

2003年10月16日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 414023

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01N 21/95

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区東3丁目16番3号

日立電子エンジニアリング株式会社内

【氏名】 蓬萊 泉雄

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区東3丁目16番3号

日立電子エンジニアリング株式会社内

【氏名】 愛甲 健二

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区東3丁目16番3号

日立電子エンジニアリング株式会社内

【氏名】 森 恭一

【特許出願人】

【識別番号】 000233480

【氏名又は名称】 日立電子エンジニアリング株式会社

【代理人】

【識別番号】 100114166

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 浩三

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 083391

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 表面検査方法及び表面検査装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被検査物の表面を光学的に検査し、
検査結果から被検査物の表面の欠陥の有無及び欠陥の特長を検出し、
検出された欠陥の被検査物の表面上の位置を検出し、
検出された欠陥をその特長に応じて分類し、
欠陥の位置と、欠陥の特長又は欠陥の分類結果に基づいて、欠陥のX線分析
を行うことを特徴とする表面検査方法。

【請求項 2】 欠陥の特長又は欠陥の分類結果について予め決められた条件
に従って、X線分析を行う欠陥を選択することを特徴とする請求項1に記載の表
面検査方法。

【請求項 3】 欠陥の位置及び欠陥の分類結果を表示し、
表示された欠陥のうち、X線分析を行う欠陥を指定することを特徴とする請求
項1に記載の表面検査方法。

【請求項 4】 表示された欠陥のうち、形状解析を行う欠陥を指定し、
指定された欠陥を光学的に再検査し、
再検査結果から欠陥の形状を解析し、
解析結果に基づいて、X線分析を行う欠陥を指定することを特徴とする請求項
3に記載の表面検査方法。

【請求項 5】 表示された欠陥のうち、光学顕微鏡による観察を行う欠陥を
指定し、
指定された欠陥を光学顕微鏡により観察し、
観察結果に基づいて、X線分析を行う欠陥を指定することを特徴とする請求項
3に記載の表面検査方法。

【請求項 6】 欠陥のX線分析の結果に応じて、欠陥の再分類を行うことを
特徴とする請求項1、請求項2、請求項3、請求項4、または請求項5に記載の
表面検査方法。

【請求項 7】 被検査物の表面を光学的に検査する光学検査手段と、

前記光学検査手段による検査結果から被検査物の表面の欠陥の有無及び欠陥の特長を検出し、検出された欠陥の被検査物の表面上の位置を検出し、検出された欠陥をその特長に応じて分類し、X線分析を行う欠陥を選択又は指定する処理手段と、

前記処理手段により選択又は指定された欠陥のX線分析を行うX線検査手段とを備えたことを特徴とする表面検査装置。

【請求項8】 前記処理手段は、欠陥の特長又は欠陥の分類結果について予め決められた条件に従って、X線分析を行う欠陥を選択することを特徴とする請求項7に記載の表面検査装置。

【請求項9】 前記処理手段は、欠陥の位置及び欠陥の分類結果を表示する表示手段と、該表示手段により表示された欠陥のうち、X線分析を行う欠陥を指定する第1の入力手段とを有することを特徴とする請求項7に記載の表面検査装置。

【請求項10】 前記処理手段は、前記表示手段により表示された欠陥のうち、形状解析を行う欠陥を指定する第2の入力手段を有し、

前記光学検査手段は、前記第2の入力手段により指定された欠陥を光学的に再検査し、

前記処理手段は、前記光学検査手段による再検査結果から欠陥の形状を解析し、解析結果を前記表示手段に表示することを特徴とする請求項9に記載の表面検査装置。

【請求項11】 光学顕微鏡を備え、

前記処理手段は、前記表示手段に表示された欠陥のうち、前記光学顕微鏡による観察を行う欠陥を指定する第3の入力手段を有することを特徴とする請求項9に記載の表面検査装置。

【請求項12】 前記処理手段は、前記X線検査手段による欠陥のX線分析の結果に応じて、欠陥の再分類を行うことを特徴とする請求項7、請求項8、請求項9、請求項10、または請求項11に記載の表面検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば、磁気ディスク、半導体ウェーハ、液晶基板等のような被検査物の表面に欠陥がないどうかを検査する表面検査方法及び表面検査装置に係り、特に被検査物の表面を光学的に検査する表面検査方法及び表面検査装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

一般に、被検査物の表面を光学的に検査する表面検査装置としては、検査光を被検査物の表面へ照射し、検査物の表面からの散乱光又は反射光を検出する散乱光検出方式又は反射光検出方式を用いたものが知られている（特許文献1）。散乱光検出方式及び反射光検出方式は、被検査物の表面の欠陥の形状や大きさ等を測定するのに適している。

【0003】

また、検査光を分割して基準面及び被検査物の表面へ照射し、基準面からの反射光と被検査物の表面からの反射光との干渉を検出する干渉位相検出方式を用いたものがある（特許文献2）。干渉位相検出方式は、被検査物の表面の欠陥の高さや深さ等を測定するのに適しており、半導体ウェーハ等の厚さの測定にも利用されている（特許文献3）。

【0004】

表面検査装置には、欠陥の形状、大きさ、光学的性質等の違いを考慮して、上記の複数の検出方式を採用したものがある。

【特許文献1】

特開2001-66263号公報

【特許文献2】

特開2000-121317号公報

【特許文献3】

特開2000-234912号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

例えば、磁気ディスク又はその基板（サブストレート）の表面検査においては、検出すべき欠陥の種類として、塵埃（パーティクル）、しみ（ステイン）、凹部（ピット）、凸部（バンプ）、窪み（ディンプル）、擦り傷（スクランチ）、端部の変形（ハンドリングダメージ）、研磨跡（グライド）等様々なものがある。表面検査では、これらの様々な欠陥を検出して弁別しなければならないが、上記の光学的な検出方式だけでは欠陥の弁別精度におのずと限界がある。

【0006】

また、磁気ディスク、半導体ウェーハ、液晶基板等の表面にパーティクルやステイン等の異物が付着した場合、生産工程を管理するために異物の正体を解明する必要がある。しかしながら、上記の光学的な検出方式で測定された形状、大きさ、高さ等からは異物の正体が解明できず、別途詳細な分析が必要となる場合があった。

【0007】

本発明は、表面検査において、欠陥の弁別精度を向上することを目的とする。

【0008】

本発明はまた、表面検査において、被検査物の表面に付着した異物の正体を解明することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明の表面検査方法は、被検査物の表面を光学的に検査し、検査結果から被検査物の表面の欠陥の有無及び欠陥の特長を検出し、検出された欠陥の被検査物の表面上の位置を検出し、検出された欠陥をその特長に応じて分類し、欠陥の位置と、欠陥の特長又は欠陥の分類結果とに基づいて、欠陥のX線分析を行うものである。

【0010】

また、本発明の表面検査装置は、被検査物の表面を光学的に検査する光学検査手段と、光学検査手段による検査結果から被検査物の表面の欠陥の有無及び欠陥の特長を検出し、検出された欠陥の被検査物の表面上の位置を検出し、検出された欠陥をその特長に応じて分類し、X線分析を行う欠陥を選択又は指定する処理

手段と、処理手段により選択又は指定された欠陥のX線分析を行うX線検査手段とを備えたものである。

【0011】

被検査物の表面の光学的な検査の後、プログラムにより自動的に、またはオペレータの指示により、欠陥のX線分析を行う。欠陥のX線分析は、光学的な検査で検出した欠陥の位置と、欠陥の特長又は欠陥の分類結果に基づいて行うので、分析作業を効率よく行うことができる。そして、欠陥のX線分析の結果から、被検査物の表面に付着したパーティクルやステイン等の異物の正体を解明することができる。

【0012】

さらに、本発明の表面検査方法は、欠陥のX線分析の結果に応じて、欠陥の再分類を行うものである。また、本発明の表面検査装置は、処理手段が、X線検査手段による欠陥のX線分析の結果に応じて、欠陥の再分類を行うものである。光学的な検査による欠陥の形状、大きさ、高さ等の特長に加え、欠陥のX線分析の結果を利用することにより、欠陥の弁別精度が向上する。例えば、光学的な検査による欠陥の形状、大きさ、高さ等の特長が同様であっても、X線分析の結果が異なれば、パーティクルとバンプとの弁別が可能となる。従って、欠陥のX線分析の結果に応じて欠陥の再分類を行うことにより、欠陥の分類を高精度に行うことができる。

【0013】

さらに、本発明の表面検査方法は、欠陥の特長又は欠陥の分類結果について予め決められた条件に従って、X線分析を行う欠陥を選択するものである。また、本発明の表面検査装置は、処理手段が、欠陥の特長又は欠陥の分類結果について予め決められた条件に従って、X線分析を行う欠陥を選択するものである。X線分析を行う欠陥のサンプリング条件やX線分析を行う優先順位等を予めプログラムすることにより、表面検査装置は、X線分析を行う欠陥を自動的に選択することができる。

【0014】

さらに、本発明の表面検査方法は、欠陥の位置及び欠陥の分類結果を表示し、

表示された欠陥のうち、X線分析を行う欠陥を指定するものである。また、本発明の表面検査装置は、処理手段が、欠陥の位置及び欠陥の分類結果を表示する表示手段と、表示手段により表示された欠陥のうち、X線分析を行う欠陥を指定する第1の入力手段とを有するものである。オペレータは、表示された欠陥の位置及び欠陥の分類結果から、X線分析を行う欠陥を適宜指定することができる。

【0015】

さらに、本発明の表面検査方法は、表示された欠陥のうち、形状解析を行う欠陥を指定し、指定された欠陥を光学的に再検査し、再検査結果から欠陥の形状を解析し、解析結果に基づいて、X線分析を行う欠陥を指定するものである。また、本発明の表面検査装置は、処理手段が、表示手段により表示された欠陥のうち、形状解析を行う欠陥を指定する第2の入力手段を有し、光学検査手段が、第2の入力手段により指定された欠陥を光学的に再検査し、処理手段が、光学検査手段による再検査結果から欠陥の形状を解析し、解析結果を表示手段に表示するものである。オペレータは、表示された欠陥の形状解析結果から、欠陥のX線分析が必要か否かを判断することができる。

【0016】

さらに、本発明の表面検査方法は、表示された欠陥のうち、光学顕微鏡による観察を行う欠陥を指定し、指定された欠陥を光学顕微鏡により観察し、観察結果に基づいて、X線分析を行う欠陥を指定するものである。また、本発明の表面検査装置は、光学顕微鏡を備え、処理手段が、表示手段に表示された欠陥のうち、光学顕微鏡による観察を行う欠陥を指定する第3の入力手段を有するものである。オペレータは、光学顕微鏡による欠陥の観察結果から、欠陥のX線分析が必要か否かを判断することができる。

【0017】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を添付図面に従って説明する。図1は、本発明の一実施の形態による表面検査装置の概略構成を示す図である。本実施の形態は、磁気ディスクの表面の欠陥を検査する表面検査装置の例を示している。表面検査装置は、検査ステージ10、処理装置20、光学検査部30、光学顕微鏡40、X

線検査部50、及びマーキング装置60を含んで構成されている。

【0018】

検査ステージ10は、スピンドル11、モータ12、移動機構13、及び位置検出器14を含んで構成されている。被検査物である磁気ディスク1は、図示しないローダ部において、図示しないハンドリング機構により、検査面を上に向けてスピンドル11の先端に装着される。そして、移動機構13により、図1に示すように光学検査部30の下方に運ばれる。光学検査部30の下方において、スピンドル11は、モータ12の駆動によって磁気ディスク1を回転させ、移動機構13は、磁気ディスク1を半径方向に移動させる。これらの回転及び移動により、光学検査部30から照射された検査光スポットが、磁気ディスク1の表面をスパイラル状に走査する。なお、磁気ディスク1の表面の走査は、移動機構13の代わりに、光学検査部30の検査光スポットを磁気ディスク1の半径方向に移動させて行ってもよい。

【0019】

光学検査部30は、従来の表面検査装置と同様であって、例えば、特開2001-66263号公報に記載された散乱光検出方式及び反射光検出方式の光学系を備え、または特開2000-121317号公報に記載された干渉位相検出方式の光学系を備え、あるいはそれら両方を備えたものである。

【0020】

処理装置20は、MPU21、メモリ22、インターフェース23a, 23e, 23f, 23h、入力装置24、表示装置25、出力装置26、位置制御回路27、位置検出回路28、及びバス29を含んで構成されている。MPU21は、バス29を介して、メモリ22、インターフェース23a, 23e, 23f, 23h、入力装置24、表示装置25、出力装置26、位置制御回路27、及び位置検出回路28を制御する。

【0021】

図2は、本発明の一実施の形態による表面検査方法の概略を示すフローチャートである。本実施の形態は、表面検査装置のオペレータが、入力装置24を用いて、X線分析を行う欠陥を指定する例を示している。

【0022】

まず、MPU21は、メモリ22に格納された欠陥検出プログラム22aを実行する。位置制御回路27は、MPU21の制御により、モータ12及び移動機構13を駆動して、光学検査部30からの検査光スポットによる磁気ディスク1の表面の走査を行わせる。光学検査部30は、磁気ディスク1の表面を光学的に検査し（ステップ101）、検査結果をインターフェース23aへ出力する。位置検出器14は、例えば、ロータリエンコーダで構成され、スピンドル11の回転から磁気ディスク1の基準位置及び回転量を検出し、検出信号を位置検出回路28へ出力する。

【0023】

MPU21は、インターフェース23aを介して入力した光学検査部30による検査結果から、磁気ディスク1の表面の欠陥の有無及び欠陥の特長を検出する（ステップ102）。検出する欠陥の特長は、例えば、欠陥の凹凸、欠陥の大きさ、欠陥の高さ又は深さ等とする。位置検出回路28は、MPU21の制御により、位置検出器14の検出信号から、検出された欠陥の磁気ディスク1上の位置を検出する（ステップ103）。欠陥の位置の検出結果は、例えば、磁気ディスク1の表面上の基準位置に対するX座標及びY座標とする。メモリ22は、MPU21の制御により、検出された欠陥の特長のデータを欠陥の位置の座標データと関連付けて記憶する。

【0024】

次に、MPU21は、検出された欠陥の特長のデータをメモリ22に格納された欠陥特長パラメータテーブル22bのデータと比較照合することにより、検出された欠陥をその特長に応じて分類する（ステップ104）。欠陥の分類分けは、例えば、バンプ、パーティクル、ピット、スクラッチ等の欠陥の種類及びそれらの大きさの違い等とする。メモリ22は、MPU21の制御により、欠陥の分類結果のデータを欠陥の位置の座標データと関連付けて記憶する。

【0025】

磁気ディスク1の表面全体について光学検査部30による検査及び処理装置20による上記処理が終了すると、MPU21は、メモリ22に格納された欠陥マ

ップ表示プログラム22cを実行する。MPU21は、メモリ22に記憶された欠陥の位置の座標データ及び欠陥の分類結果のデータから欠陥マップ作成し、表示装置25に表示する（ステップ105）。

【0026】

図3は、欠陥マップの一例を示す図である。欠陥マップは、検出された欠陥をその分類結果に応じて記号化し、欠陥の磁気ディスク上の位置をマップ上の記号の位置で表したものである。図3の例では、検出された欠陥をその種類及び大きさの違いで9つに分類して表示しているが、欠陥の種類及び大きさの違いはこれに限るものではない。また、欠陥マップに用いる記号は、図3の例に限らず、色彩の違い等を含め様々な記号を用いることができる。

【0027】

続いて、オペレータは、表示装置25に表示された欠陥マップを見て、個別の欠陥について形状解析が必要か否かを判断する（ステップ106）。形状解析が必要と判断した場合、オペレータは、形状解析が必要な欠陥を入力装置24により指定する（ステップ107）。

【0028】

形状解析が必要な欠陥が指定されると、MPU21は、メモリ22に格納された欠陥形状解析プログラム22dを実行する。位置制御回路27は、MPU21の制御により、メモリ22に記憶された指定された欠陥の位置の座標データに基づいて、モータ12及び移動機構13を駆動して、光学検査部30からの検査光スポットが指定された欠陥に照射されるように、磁気ディスク1を回転及び移動させる。これにより光学検査部30は、磁気ディスク1の表面の指定された欠陥の詳細な再検査を行い（ステップ108）、再検査結果をインターフェース23aへ出力する。

【0029】

MPU21は、インターフェース23aを介して入力した光学検査部30による再検査結果から、指定された欠陥の形状解析を行い、解析結果を表示装置25に表示する（ステップ109）。解析結果の表示は、例えば、3次元イメージ、等高線マップ、断面形状等のように、オペレータが欠陥の形状を視覚的に判断でき

るものであればよい。

【0030】

続いて、オペレータは、表示装置25に表示された欠陥マップ又は欠陥の形状解析結果を見て、個別の欠陥について光学顕微鏡による観察が必要か否かを判断する（ステップ110）。光学顕微鏡による観察が必要と判断した場合、オペレータは、光学顕微鏡による観察が必要な欠陥を入力装置24により指定する（ステップ111）。

【0031】

光学顕微鏡による観察が必要な欠陥が指定されると、MPU21は、メモリ22に格納された欠陥観察プログラム22eを実行する。位置制御回路27は、MPU21の制御により、移動機構13を駆動して、磁気ディスク1を光学顕微鏡40の下方へ移動させる。なお、光学顕微鏡40の下方へ移動は、図示しないハンドリング機構により、磁気ディスク1を光学顕微鏡40の下方に別途設けられた検査ステージ上に搭載する方式であってもよい。

【0032】

次に、位置制御回路27は、MPU21の制御により、メモリ22に記憶された指定された欠陥の位置の座標データに基づいて、モータ12及び移動機構13を駆動して、光学顕微鏡40が指定された欠陥の画像を検出するように、磁気ディスク1を回転及び移動させる。そして、位置制御回路27は、MPU21の制御により、メモリ22に記憶された指定された欠陥の高さ又は深さのデータに基づいて、移動機構13を上下方向に駆動して、光学顕微鏡40の焦点が指定された欠陥の表面に合うようにオートフォーカスを行う。これにより光学顕微鏡40は、磁気ディスク1の表面の指定された欠陥の画像を検出し、インターフェース23eへ出力する。

【0033】

MPU21は、インターフェース23eを介して入力した光学顕微鏡40による欠陥の画像を、表示装置25に表示する。こうしてオペレータは、表示装置25に表示された欠陥の画像を観察する（ステップ112）。

【0034】

続いて、オペレータは、表示装置 25 に表示された欠陥マップ又は欠陥の形状解析結果を見て、あるいは光学顕微鏡による欠陥の観察結果から、個別の欠陥について X 線分析が必要か否かを判断する（ステップ 113）。X 線分析が必要と判断した場合、オペレータは、X 線分析が必要な欠陥を入力装置 24 により指定する（ステップ 114）。今仮に、図 3 の欠陥マップで 2 の符号が付されたパーティクルを指定するものとする。

【0035】

X 線分析が必要な欠陥が指定されると、MPU21 は、メモリ 22 に格納された X 線分析プログラム 22f を実行する。位置制御回路 27 は、MPU21 の制御により、移動機構 13 を駆動して、磁気ディスク 1 を X 線検査部 50 の下方へ移動させる。なお、X 線検査部 50 の下方へ移動は、図示しないハンドリング機構により、磁気ディスク 1 を X 線検査部 50 の下方に別途設けられた検査ステージ上に搭載する方式であってもよい。

【0036】

図 4 は、本発明の一実施の形態による X 線検査部の概略構成を示す図である。X 線検査部 50 は、X 線管球 51、分光素子 52、及び X 線検出器 53 を含んで構成されている。X 線管球 51 は、磁気ディスク 1 の表面へ照射する一次 X 線を発生する。分光素子 52 は、図 4 にその断面を示すように、中央部が膨らんだ樽形の円筒形状をしており、内周面へ所定の入射角度で入射した一次 X 線のみをブラック反射して磁気ディスク 1 の表面へ照射する。一次 X 線が照射されると、磁気ディスク 1 の表面の原子が励起されて蛍光 X 線 3 が発生する。X 線検出器 53 は、磁気ディスク 1 の表面から発生した蛍光 X 線 3 を検出する。なお、X 線分光装置及び X 線分析装置に関するものとして、特開 2001-133421 号公報がある。

【0037】

位置制御回路 27 は、MPU21 の制御により、メモリ 22 に記憶された指定された欠陥の位置の座標データに基づいて、モータ 12 及び移動機構 13 を駆動して、X 線検査部 50 からの一次 X 線が指定された欠陥に照射されるように、磁気ディスク 1 を回転及び移動させる。これにより X 線検査部 50 は、磁気ディス

ク1の表面の指定された欠陥のX線分析を行い（ステップ115）、分析結果をインターフェース23fへ出力する。

【0038】

図5は、X線分析結果の一例を示す図である。これは、母材がNi-Pアルミニウムからなる磁気ディスク1の表面に、炭素(C)及び酸素(O)を含むパーティクルが存在している例を示している。図5の横軸は元素のエネルギー、縦軸は検出量を示し、図中に「C」及び「O」と表示した部分がそれぞれ炭素(C)及び酸素(O)の検出量である。

【0039】

MPU21は、インターフェース23fを介して入力したX線検査部50によるX線分析結果のデータを、メモリ22の欠陥物質登録ライブラリ22gに登録された物質のスペクトルのデータと比較照合することにより、指定された欠陥の物質を判定する（ステップ116）。欠陥物質登録ライブラリ22gは、被検査物を構成する材料及び製造工程等で混入する可能性のある異物を考慮して、X線分析で検出される可能性のある物質のスペクトルのデータを予め登録したものである。欠陥の物質の判定結果は、例えば、有機物や無機物の種類、金属の種類、磁性体の種類、半導体の種類、アモルファスカーボンの種類、ウォータステイン等とする。メモリ22は、MPU21の制御により、欠陥のX線分析結果のデータ及び欠陥の物質の判定結果のデータを欠陥の位置の座標データと関連付けて記憶する。

【0040】

次に、MPU21は、欠陥の物質の判定結果のデータに基づいて、欠陥の再分類を行う（ステップ117）。例えば、図3の欠陥マップで2の符号が付されたパーティクルについて、欠陥の物質の判定結果が磁気ディスク1の母材と同じものであった場合は、パーティクルではなくバンプであると再分類する。一方、欠陥の物質の判定結果が磁気ディスク1の母材と異なるものであった場合は、そのままパーティクルであると再分類する。さらに、パーティクルを、その物質の種類に応じて細かく再分類することもできる。メモリ22は、MPU21の制御により、欠陥の再分類結果のデータを欠陥の位置の座標データと関連付けて記憶す

る。

【0041】

最後に、MPU21は、メモリ22に記憶された欠陥の位置の座標データ、欠陥の特長のデータ、欠陥のX線分析結果のデータ、及び欠陥の物質の判定結果のデータに基づいて、検査結果を表示装置25に表示し、または出力装置26に出力する（ステップ118）。

【0042】

図6は、表面検査装置が出力する検査結果の一例を示す図である。「No」欄の数字は、各欠陥を区別するための通し番号である。「アドレス」の「X」欄及び「Y」欄には、欠陥の磁気ディスク1上の位置のX座標及びY座標が表示される。「凹／凸判定」欄には、欠陥の凹凸の別が表示される。「サイズ」欄には欠陥の大きさが表示され、「高さ／深さ」欄には欠陥の高さ又は深さが表示される。「X線分析元素検出量」の「A」欄、「B」欄、「C」欄には、X線分析による元素A、B、C（A、B、Cはそれぞれ任意の元素を示す）の検出量が表示される。「物質判定」欄には、欠陥の物質の判定結果が表示される。なお、表示又は出力する検査結果は本例に限らず、欠陥の特長、欠陥の分類結果又は再分類結果、欠陥のX線分析結果等をより簡易又は詳細に表示してもよい。

【0043】

図2に示した実施の形態によれば、オペレータは、表示装置に表示された欠陥マップから、X線分析を行う欠陥を適宜指定することができる。さらに、オペレータは、表示装置に表示された欠陥の形状解析結果、あるいは光学顕微鏡による欠陥の観察結果から、X線分析が必要か否かを判断することができる。しかしながら、欠陥の形状解析及び光学顕微鏡による欠陥の観察は必ずしも必要ではなく、どちらか一方だけを行ってもよく、両方を行わなくともよい。また、光学顕微鏡による欠陥の観察の後に、欠陥の形状解析を行ってもよい。

【0044】

図2に示した実施の形態は、表面検査装置のオペレータがX線分析を行う欠陥を指定するものであったが、X線分析を行う欠陥を表面検査装置で自動的に選択することもできる。この場合、X線分析を行う欠陥を選択するプログラムを、メ

モリ22に追加する。MPU21は、追加されたプログラムを実行して、X線分析を行う欠陥を選択する。そして、選択された欠陥について、オペレータが指定する場合と同様に、X線分析が行われる。

【0045】

X線分析を行う欠陥を選択するプログラムには、X線分析を行う欠陥のサンプリング条件やX線分析を行う優先順位等が含まれる。一例として、磁気ディスク1の表面を所定の面積の領域に分割し、欠陥密度（分割された領域毎に検出された欠陥の数）が所定以上の領域について、欠陥密度が高い順に、各領域で最大又は所定以上の大きさの欠陥をサンプリングする内容とする。X線分析を行う欠陥のサンプリング条件及びX線分析を行う優先順位はこれに限らず、所定以上の大きさの欠陥について欠陥の大きさの順、あるいは特定の種類に分類された欠陥について決められ分類の順等のように、適宜決定することができる。

【0046】

図1の実施の形態の表面検査装置による検査は以上であるが、オペレータは、表示装置25に表示された欠陥マップ又は欠陥の形状解析結果を見て、あるいは光学顕微鏡による欠陥の観察結果から、あるいは表示装置25に表示され又は出力装置26に出力された検査結果を見て、個別の欠陥についてその位置を磁気ディスク1の表面にマーキングするか否かを判断することができる。マーキングが必要と判断した場合、オペレータは、マーキングが必要な欠陥を入力装置24により指定する。

【0047】

マーキングが必要な欠陥が指定されると、MPU21は、メモリ22に格納された欠陥位置マーキングプログラム22hを実行する。位置制御回路27は、MPU21の制御により、移動機構13を駆動して、磁気ディスク1をマーキング装置60の下方へ移動させる。なお、マーキング装置60の下方へ移動は、図示しないハンドリング機構により、磁気ディスク1をマーキング装置60の下方に別途設けられたステージ上に搭載する方式であってもよい。

【0048】

次に、MPU21は、メモリ22に記憶された欠陥の位置の座標データ、及び

欠陥の分類結果又は再分類結果のデータのうち、指定された欠陥についての位置の座標データ、及び分類結果又は再分類結果のデータを、インターフェース 23h を介して、マーキング装置 60 へ出力する。マーキング装置 60 は、入力した欠陥の位置の座標データ、及び欠陥の分類結果又は再分類結果のデータに基づき、指定された欠陥の位置、及び分類結果又は再分類結果を示す記号を磁気ディスク 1 の表面にマーキングする。磁気ディスク 1 の表面に施されたマーキングは、例えば、走査型電子顕微鏡 (SEM)、原子間力顕微鏡 (AFM) 等を用いて、さらに詳細な分析を行う場合に利用される。

【0049】

また、マーキングを行う欠陥を表面検査装置で自動的に選択することもできる。この場合、マーキングを行う欠陥を選択するプログラムを、メモリ 22 に追加する。MPU 21 は、追加されたプログラムを実行して、マーキングを行う欠陥を選択する。そして、選択された欠陥について、オペレータが指定する場合と同様に、マーキングが行われる。

【0050】

以上説明した実施の形態では、磁気ディスクの表面に付着したパーティクルの X 線分析を行う場合について説明したが、ステイン等の異物についても X 線分析を行うことによりその正体を解明することができる。また、磁気ディスクの表面に形成された磁性膜や保護膜等の層にスクラッチ等の損傷がある場合には、X 線分析を行うことによって、どの層が露出しているかを判定することができる。

【0051】

本発明は、磁気ディスクに限らず、半導体ウェーハ、液晶基板等の様々な物体の表面の欠陥の検査に適用することができる。

【0052】

【発明の効果】

本発明によれば、欠陥の X 線分析の結果を利用することにより、欠陥の弁別精度を向上することができる。従って、欠陥の X 線分析の結果に応じて欠陥の再分類を行うことにより、欠陥の分類を高精度に行うことができる。

【0053】

欠陥のX線分析は、光学的な検査で検出した欠陥の位置と、欠陥の特長又は欠陥の分類結果に基づいて行うので、分析作業を効率よく行うことができる。

【0054】

また、欠陥のX線分析の結果から、被検査物の表面に付着したパーティクルやステイン等の異物の正体を解明することができる。これにより、生産工程において磁気ディスク、半導体ウェーハ、液晶基板等の表面に付着した異物の発生源を特定し、迅速な汚染防止対策が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施の形態による表面検査装置の概略構成を示す図である。

【図2】 本発明の一実施の形態による表面検査方法の概略を示すフローチャートである。

【図3】 欠陥マップの一例を示す図である。

【図4】 本発明の一実施の形態によるX線検査部の概略構成を示す図である。

【図5】 X線分析結果の一例を示す図である。

【図6】 表面検査装置が出力する検査結果の一例を示す図である。

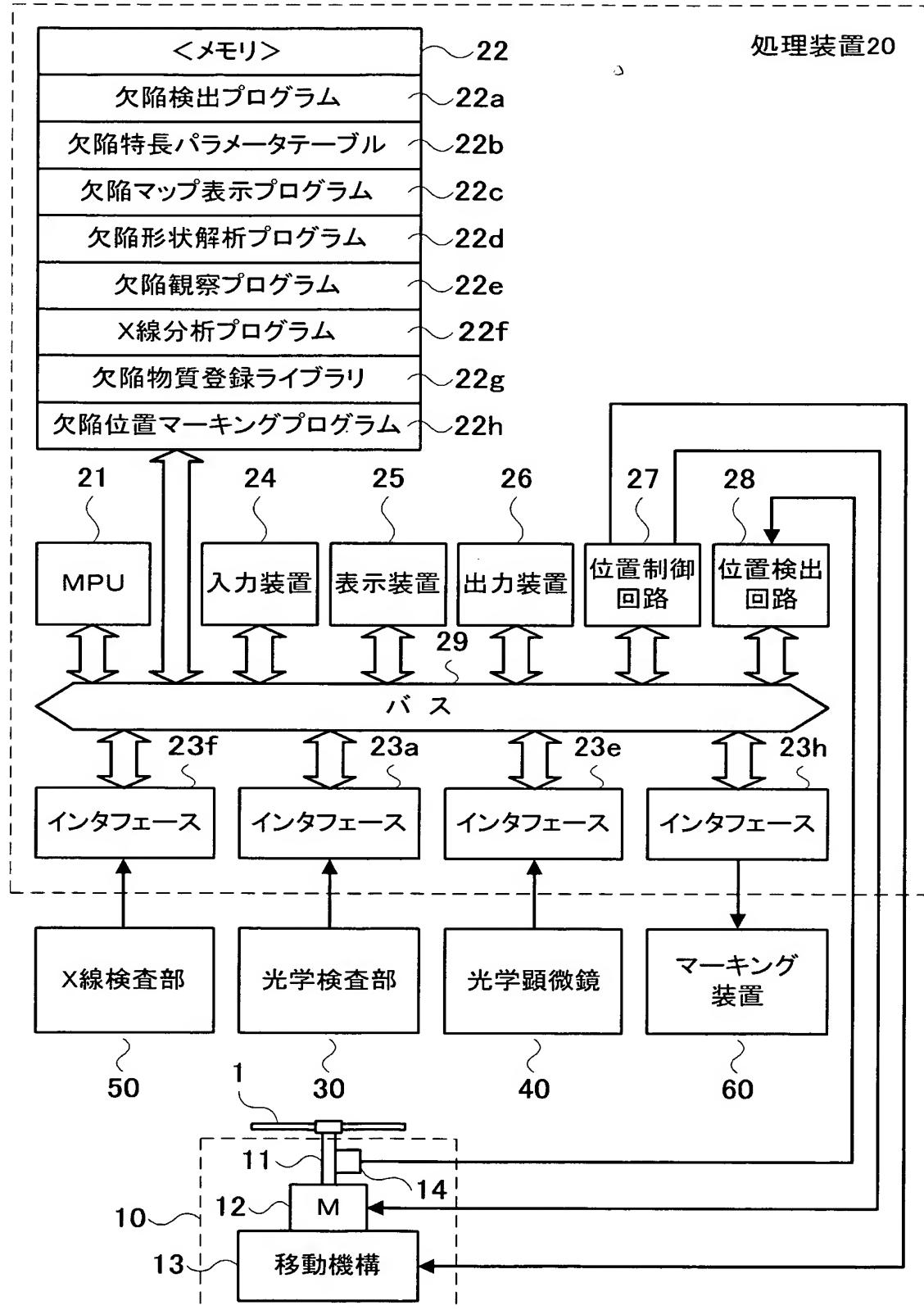
【符号の説明】

1…磁気ディスク、10…検査ステージ、11…スピンドル、12…モータ、13…移動機構、14…位置検出器、20…処理装置、21…MPU、22…メモリ、23a, 23e, 23f, 23h…インターフェース、24…入力装置、25…表示装置、26…出力装置、27…位置制御回路、28…位置検出回路、29…バス、30…光学検査部、40…光学顕微鏡、50…X線検査部、51…X線管球、52…分光素子、53…X線検出器、60…マーキング装置

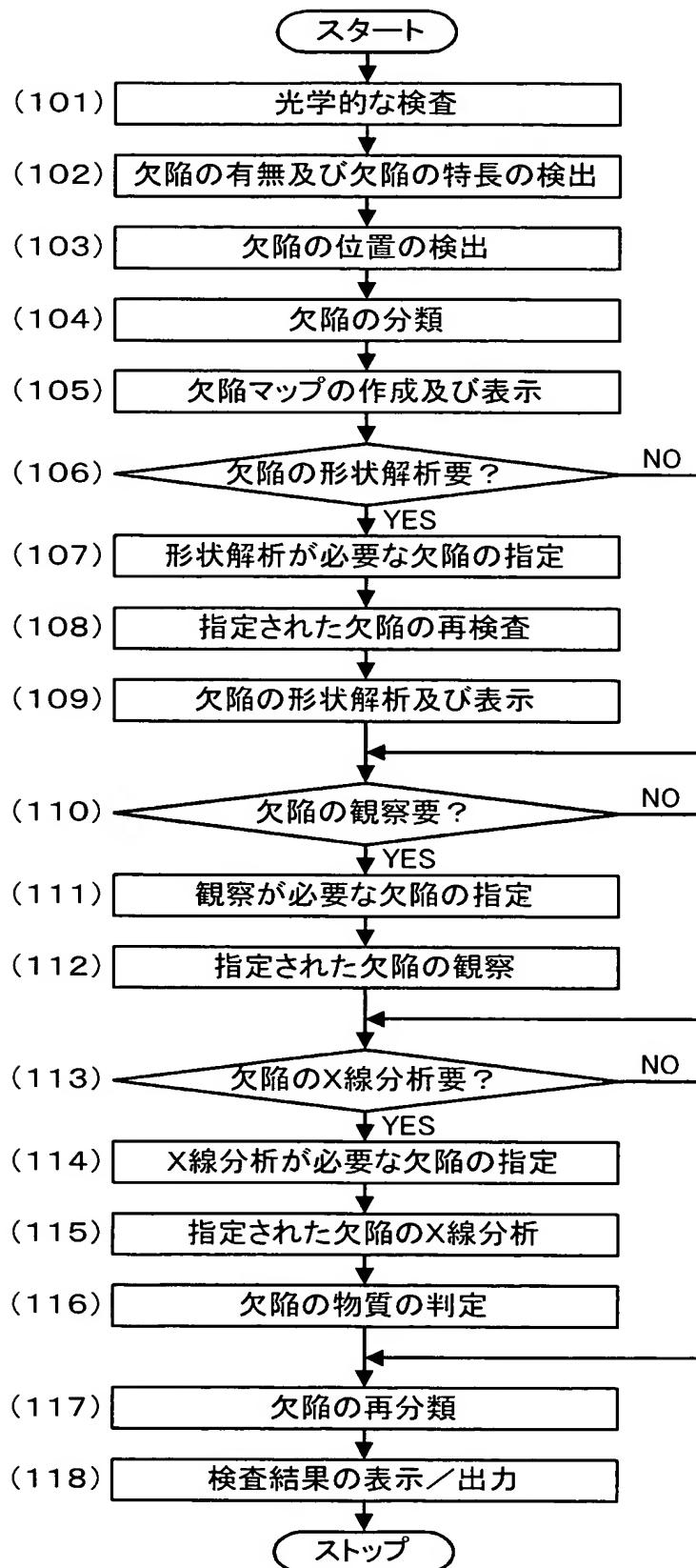
【書類名】

図面

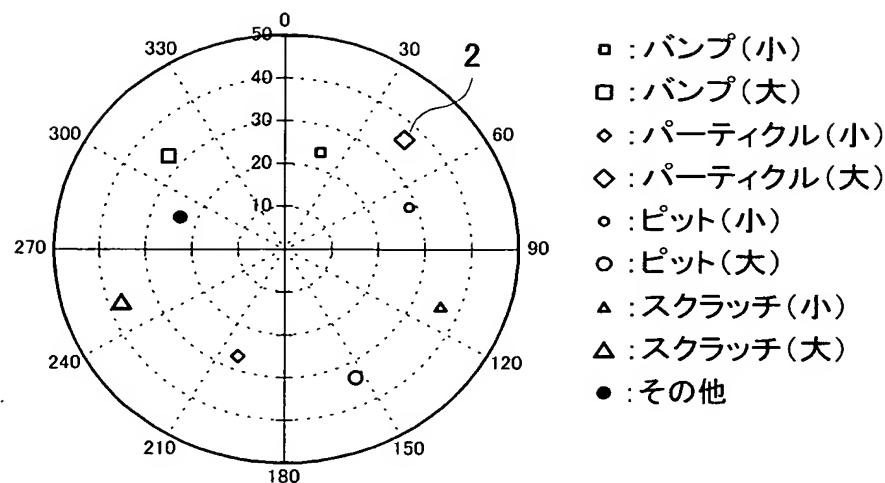
【図 1】



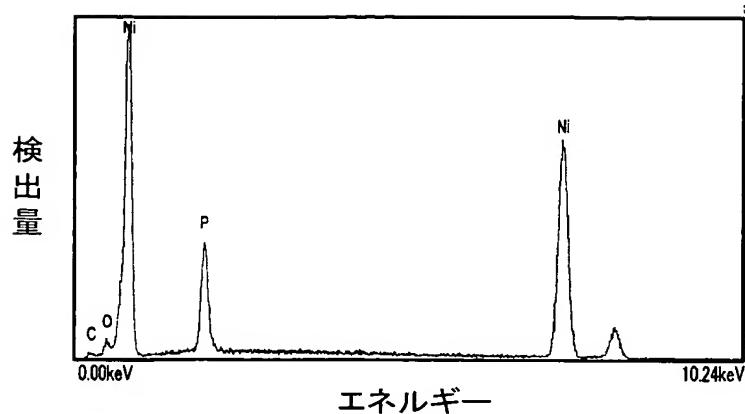
【図2】



【図3】



【図5】



【図6】

No	アドレス		凹/凸 判定	サイズ [μm]	高さ/深さ [μm]	X線分析元素検出量			物質 判定
	X	Y				A	B	C	
1									
2									
3									
•									
•									
•									

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 表面検査において、欠陥の弁別精度を向上する。

【解決手段】 光学検査部30は、磁気ディスク1の表面を光学的に検査する。処理装置20のMPU21は、光学検査部30による検査結果から、磁気ディスク1の表面の欠陥の有無及び欠陥の特長を検出する。位置検出回路28は、位置検出器14の検出信号から、検出された欠陥の磁気ディスク1上の位置を検出する。MPU21は、検出された欠陥をその特長に応じて分類し、欠陥マップを表示装置25に表示する。オペレータは、X線分析が必要な欠陥を入力装置24により指定する。あるいは、MPU21が、欠陥の特長又は欠陥の分類結果について予め決められた条件に従って、X線分析を行う欠陥を自動的に選択する。X線検査部50は、欠陥の位置の座標データに基づき、選択又は指定された欠陥のX線分析を行う。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号 特願2002-333057
受付番号 50201734588
書類名 特許願
担当官 第一担当上席 0090
作成日 平成14年11月19日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成14年11月18日

次頁無

出証特2003-3085354

特願 2002-333057

出願人履歴情報

識別番号 [000233480]

1. 変更年月日 1990年 8月 8日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都千代田区大手町2丁目6番2号
氏 名 日立電子エンジニアリング株式会社

2. 変更年月日 1994年 9月 20日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都渋谷区東3丁目16番3号
氏 名 日立電子エンジニアリング株式会社